



# Basisprincipes van draadloze verbindingen

Prof. Luc Martens



**INTEC – Wireless & Cable research group**  
Vakgroep Informatietechnologie  
<http://www.wica.intec.ugent.be>

## ■ Agenda



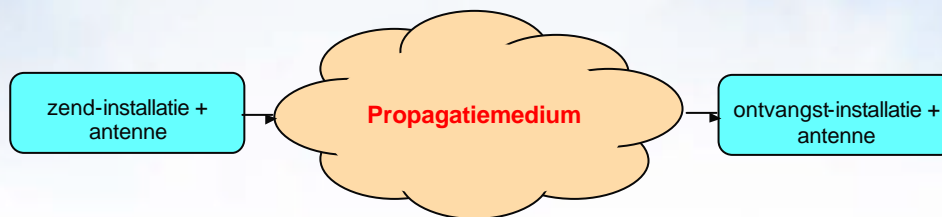
- **Definitie**
- **Antennes**
- **Propagatiemedium**
  - Kenmerken
  - Impact op communicatiesignalen
- **Interferentie**
- **Werknemers en elektromagnetische straling**
- **Betrouwbaarheid**
- **Ontwerp van een draadloze verbinding**



## ■ Wat is het?



- **Wat?**
  - Connectie tussen zender en ontvanger zonder draden
- **Hoe?**
  - Met behulp van antennes die elektromagnetische straling uitzenden en ontvangen
    - ◆ “Fixed”: zend- en ontvangstantennes vast
    - ◆ “Mobile”: één van de antennes is mobiel



## ■ Toepassingen in de industrie

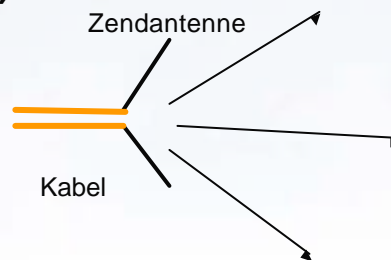


- **Communicatienetwerk**
- **Sensornetwerk voor monitoring van processen (data-acquisitie)**
- **Controlenetwerken (procesautomatisatie)**
  - ⌞ Nood aan een correct ontwerp van het draadloze netwerk
  - ⌞ Nood aan degelijk management van het draadloze netwerk

## ■ Zend- en ontvangstantennes



- Zetten elektrische energie (spanning / stroom) om in elektromagnetische straling
- Ontwerp van antennes maakt het mogelijk om energie in een bepaalde richting te sturen.
- Efficiënte antenne: dimensies van  $l/4$  of  $l/2$  ( $l$  = golflengte)



► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ Frequentie en golflengte



- Fundamenteel verband

$$c = f \cdot l$$

- met

- ♦  $c$  = lichtsnelheid 300 miljoen meter/sec
- ♦  $f$  = frequentie (Hz) (MHz = 1 miljoen Herz, GHz = 1 miljard Herz)
- ♦  $l$  = golflengte (m)

Frequentie	1 MHz	3 MHz	30 MHz	100 MHz	300 MHz	1 GHz	3 GHz
Golflengte	300 m	30 m	10 m	3 m	1 m	30 cm	10 cm

Antennes hebben realistische afmetingen boven 100 MHz

► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ Licentievrije frequenties



### ■ Industrial – Scientific - Medical (ISM) frequenties

WiFi

Frequentieband	Golflengte
868 – 870 MHz	34,5 cm
2,4 – 2,4835 GHz	12,5 cm
5,725 – 5,825 GHz	5,2 cm

▶ Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005

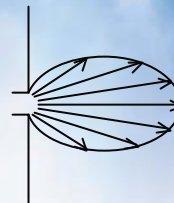


## ■ Stralingspatroon



### puntbron:

- omnidirectioneel patroon
- Stralen even sterk in elke richting
  - Voorbeeld: lamp



### Antenne:

- directioneel patroon
- Stralen niet even sterk in elke richting
  - Analooq: laser

▶ Prof. Luc Martens

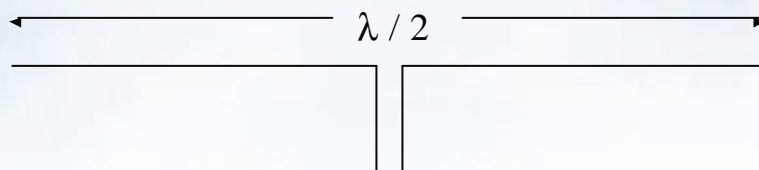
© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ De halve-golflengte dipool



- Wordt in zeer vele gevallen gebruikt wegens eenvoud
  - Oude GSM-telefoons
  - Basisstation antennes (GSM, WiFi, ....)
    - ♦ GSM-frequentie: 900 MHz,  $\lambda/2 = 15$  cm
- Smalbandig

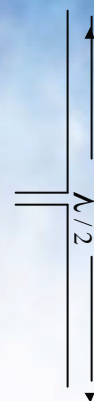
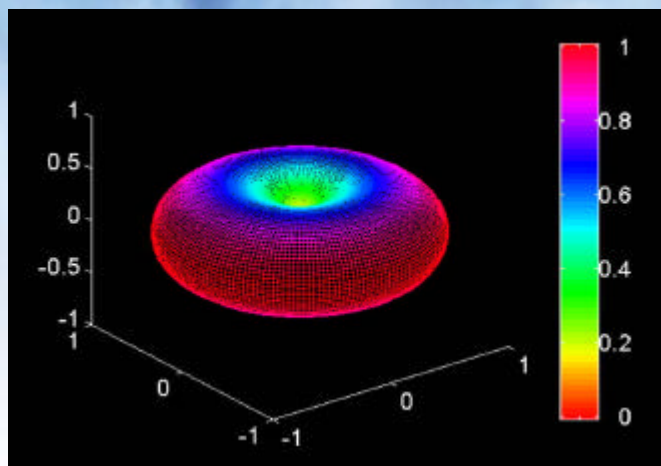


► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ Stralingspatroon 1/2 dipool

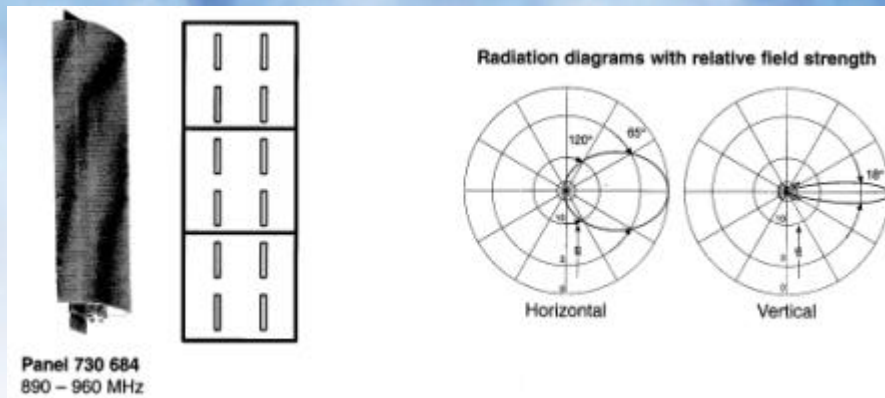


► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ GSM basisstation antenne



► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ Antennetypes



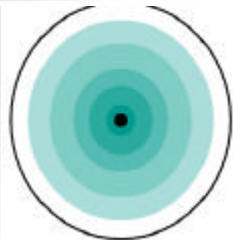
► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005

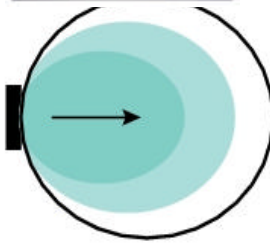


Provided by Cisco, Inc. © Copyright 2003

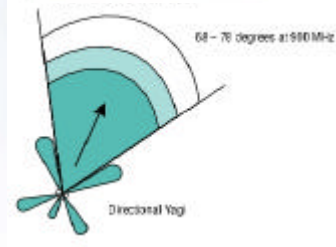
## ■ Voorbeelden stralingspatronen



Omnidirectioneel



Directionele Patch



Yagi/Parabolisch

► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005

Provided by Cisco, Inc. © Copyright 2003



## ■ Propagatiemedium



- **Hoge signaalverzwakking**
- **Niet-stationair, onvoorspelbaar en willekeurig**
  - In tegenstelling tot draadkanalen is de propagatie zeer sterk afhankelijk van
    - ♦ de omgeving
    - ♦ de tijd
    - ♦ de ruimte
- **Modellering gebeurt op basis van statistiek**

► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005





## ■ Vrije-ruimte verzwakking

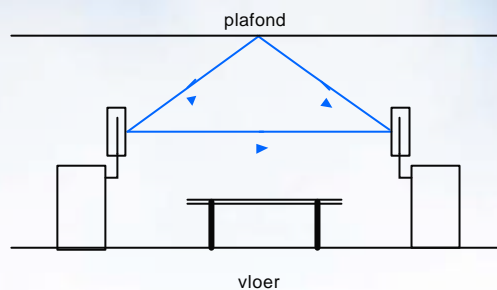


- **Vrije ruimte: geen objecten**
- **Het ontvangen vermogen verzwakt volgens  $1/(\text{afstand})^2$** 
  - dus met een factor 100 als de ontvanger van 1 meter naar 10 meter afstand wordt verplaatst
- **Het transmissieverlies neemt toe met de wortel van de frequentie**
  - Dus met een factor 10 als de frequentie vermenigvuldigd wordt met een factor 100
    - ▷ beter lagere frequenties gebruiken
    - ▷ maar antennes groter en uitgestraald vermogen moeilijker te focussen

## ■ Reflectie



- **Propagatiegolf valt in op een object dat groot is in vergelijking met de golflengte (b.v. vloer, plafond, wanden, etc.)**

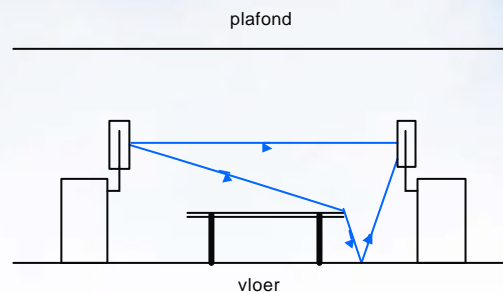




## ■ Diffractie



- Stralingspad tussen zender en ontvanger verstoord door een oppervlak met scherpe randen
- Golven buigen rond het obstakel, zelfs als Line of Sight (LoS, visueel rechtstreeks pad) niet bestaat



▶ Prof. Luc Martens

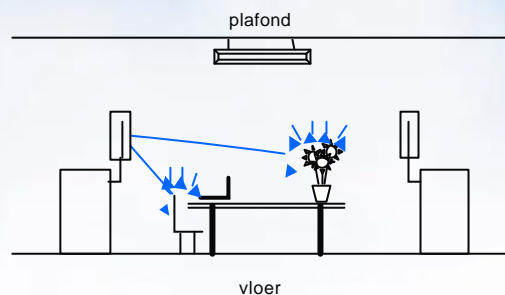
© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ Verstrooiing



- Energie verstrooid in verschillende richtingen door objecten kleiner dan de golflengte (bijvoorbeeld stoelen, lampen, ...)



▶ Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ Multipad “fading”

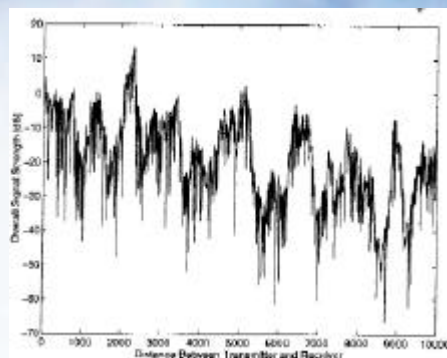


- Resultaat van alle propagatiemechanismen
- Destructieve interferentie bij padlengteverschil van  $l/2$  kan tot nullen leiden in de frequentierespons
- “Slow fading”
  - Door grote objecten tussen zender en ontvanger
- “Fast fading”
  - Als gevolg van kleine objecten in de buurt van de ontvangsinstallatie (klein weglengte verschil)
  - Variaties met een factor van 100 kunnen optreden over korte afstanden

## ■ Werkelijk kanaal



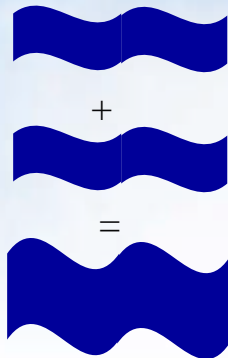
- ontvangen signaal = rechtstreekse straal + vertraagde versies van dit signaal
- Er treedt destructieve (minima) en constructieve (maxima) interferentie op als functie van **plaats** en **frequentie**



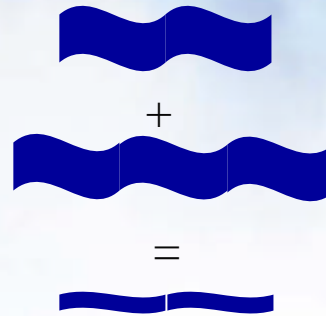
## ■ Interferenties als functie van frequentie



Signalen van rechtstreeks en  
onrechtstreeks pad  
in fase (bij padlengteverschil van  $l$ )



Signalen van rechtstreeks en  
onrechtstreeks pad  
in tegenfase (bij padlengteverschil van  $l/2$ )



► Prof. Luc Martens

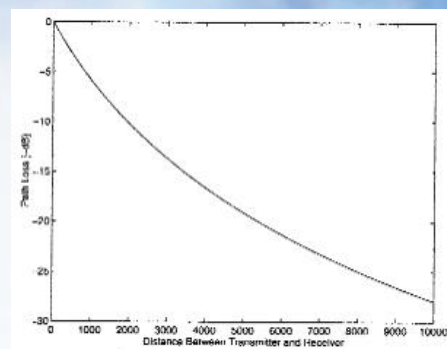
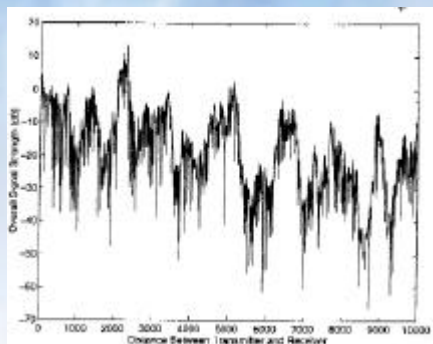
© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ Verzwakking ... 1



■ Algemene trend: continue afname met de afstand



► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ Verzwakking ... 2



- Algemeen kan het ontvangen vermogen worden uitgedrukt als

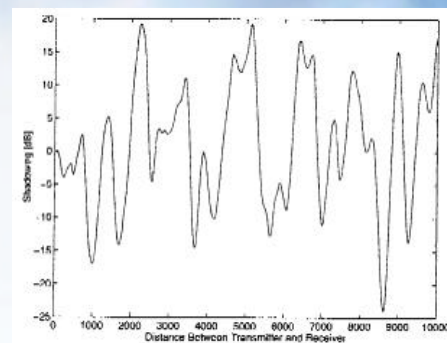
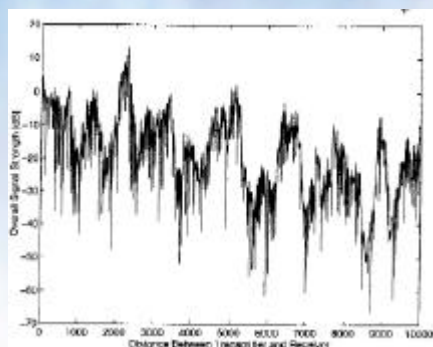
$$P_r \propto d^{-\nu}$$

- In een bedrijfsomgeving:  $n \gg 2$  à 3 afhankelijk van de partionering en aanwezigheid van blokkerende en verstrooiende objecten
  - Het ontvangen vermogen kan met een factor 1000 verzwakken als de ontvanger van 1 meter naar 10 meter afstand wordt verplaatst

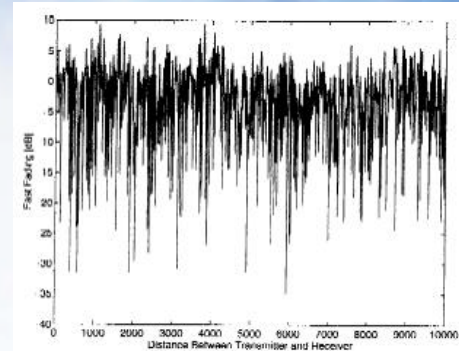
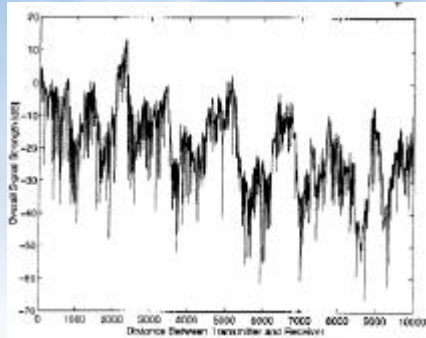
## ■ “Slow fading”



- Trend in de variaties



## ■ “Fast fading”



► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ Impact op communicatiesignalen



- Door het hoog transmissieverlies zal de signaal-tot-ruis verhouding klein zijn
- Door nullen die optreden op een bepaalde plaats kan het volledige signaal verloren gaan
  - Vooral optredend voor een smalbandig systeem (b.v. GSM: kanaalbreedte 200 kHz)

► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## Impact op communicatiesignalen: vertragingsspreiding



- **Definitie:** tijdspreiding tussen de aankomst van het eerste en het laatste multipad signaal op de plaats van de ontvangstantenne
- **Indien deze spreiding vergelijkbaar is met de symboollengte dan krijgen we Inter-Symbool Interferentie – ISI**
- **Typische spreiding**

Omgeving	Vertragingsspreiding	Maximum padlengte verschillen
Indoor	40 ns – 200 ns	12 m – 60 m
Outdoor	1 ms – 20 ms	300 m – 6 km

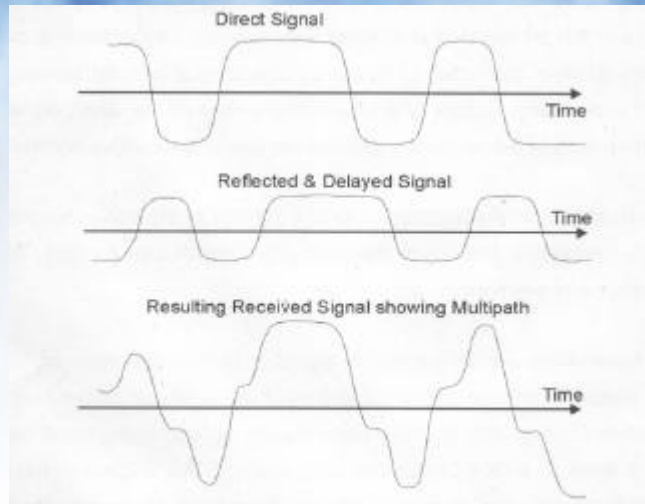
## Impact op communicatiesignalen: vertragingsspreiding



- **Inter-symbool interferentie is belangrijk wanneer de vertragingsspreiding groter is dan 50% van de symbooltijd**
- **Voor indoor-communicatie en lage snelheden (in het geval van automatisatie) is ISI beperkt**



## ■ Voorbeeld ISI (bit niveau)



► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ Aanpak van de kanaalsverstoringen



- **Verhoog het vermogen**
  - Verhoogt de signaal-tot-ruisverhouding, maar zeer duur.
  - Elektromagnetische gezondheidsgrenzen
  - Wettelijk maximum vermogen voor technologieën in niet-gelicenseerde frequentiebanden
- **(Adaptieve) equalisatie**
  - Compensatie van de inter-symbool interferentie
- **Specifieke coderingstechnieken**
- **Complexe antennes (smart antennes, Multiple-Input Multiple-Output systemen, diversity technieken) die gebruik maken van de propagatiekarakteristieken (multipath fading)**
- **Foutcorrectie technieken**
- **Hertransmissie van incorrecte data**

► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005





## ■ Interferentie



- Andere draadloze netwerken in het bedrijf voor communicatie (b.v. WiFi netwerk)
- Intercom Systemen
- Brand- en alarmsystemen
- Microgolfovens (werken op 2.45 GHz)

► Prof. Luc Martens

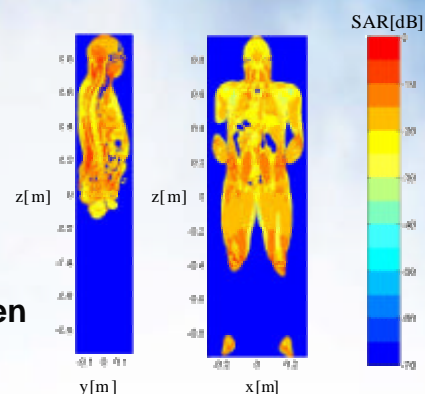
© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ Werknemers en elektromagnetische straling



- Elektromagnetische straling  $\Rightarrow$  absorptie door het menselijk lichaam (Specific Absorption Rate)
- hoge vermogens  $\Rightarrow$  opwarming
- Internationale normen: bescherming van de bevolking en werknemers
- Vermogen van indoor draadloze systemen is zeer laag  $\Rightarrow$  normen voldaan
- Signaal wordt ook verzwakt en gereflecteerd op de mensen in de omgeving van het draadloos systeem



► Prof. Luc Martens

© INTEC – Vakgroep Informatietechnologie 2005



## ■ Betrouwbaarheid



- **Zend- en ontvangstinstallaties kunnen redundantie (b.v. ontdubbelde elektronica) bevatten**
- **Het propagatiemedium is nooit even betrouwbaar te maken als bekabelde netwerken**
  - Een stoorzender die sterk genoeg is kan steeds het communicatiepad verstoren

## ■ Ontwerp van draadloze verbinding



- **Keuzeparameters**
  - Type protocol en frequentie
  - Types antennes
  - De plaats van de zend- en/of ontvangstantenne (soms bepaald door automatisatieapparatuur of machines)
  - Het bruikbare zendvermogen (dikwijls beperkt door kost of gezondheidsnormen)
- **Als de omgeving verandert (bijvoorbeeld reorganisatie van werkvloer) kan dit belangrijk effect hebben op het communicatiepad  $\mathcal{P}$  herontwerp kan nodig zijn**

## ■ Besluit



### ■ Voordelen draadloze verbindingen

- Mobiliteit mogelijk
- Flexibel te wijzgen
- Vlugger upgrade te maken
- Lagere kost dan draadverbindingen

### ■ Nadelen draadloze verbindingen

- Snel veranderend propagatiepad
- Grote verzwakking tussen zender en ontvanger
- Multipad fading
- Lagere betrouwbaarheid
- Snelle verandering van standaarden

## ■ Vragen??



Voor onderzoek en advies rond draadloze projecten

**Prof. Luc Martens**

**[Luc.martens@intec.ugent.be](mailto:Luc.martens@intec.ugent.be)**

**Wireless & Cable research group**

**Vakgroep Informatietechnologie**

**Universiteit Gent**

# Draadloze Communicatie in Industriële Toepassingen

## Opzet

Wanneer draadloze communicatie toegepast wordt in een industriële omgeving, zoals bij automatisering of procescontrole, is de problematiek duidelijk verschillend van de steeds meer verspreide toepassingen in residentiële en kantooromgevingen. Deze studiedag bekijkt de mogelijkheden, valkuilen en state-of-the-art bij draadloze communicatie in gestoorde, industriële omgevingen. Naast de technologische aspecten, komen ook de achtergrond, onderliggende standaarden en praktijkvoorbeelden aan bod.

Alle sprekers hebben een uitgesproken expertise in hun vakdomein. Een gespecialiseerde tentoonstelling ondersteunt de lezingen en biedt u een uitgelezen forum voor een gedachtewisseling met specialisten, collega's en sprekers.

### *Wetenschappelijk comité*

*Henk Capoen, HoWest*

*Geert Deconinck, K.U.Leuven – ESAT/ELECTA*

*Jurgen De Wever, Siemens*

*Jan Potemans, K.U.Leuven – ESAT/Telemic*

*Carolien Martens, IMEC*

*Jan Meel, De Nayer Instituut*

*Philippe Saey, Katho Sint-Lieven*



## Doelgroep

Allen die professioneel met communicatie in industriële toepassingen in aanraking komen, of geconfronteerd worden met de problematiek van draadloze informatieoverdracht.

**bira**



TECHNOLOGISCH INSTITUUT

Genootschap BIRA

## Tentoonstelling

De opzet van deze studiedag richt zich tot een breed publiek, uit de meest uiteenlopende industriegebieden, overheidsinstellingen, enz. Dit levert een exclusieve opportuniteit op voor leveranciers die in deze markt actief zijn. Wij bieden hen de gelegenheid om in dit evenement te participeren d.m.v. een stand in de tentoonstellingsruimte. Voor de deelnemers aan het symposium is deze tentoonstelling een ideale gelegenheid om kennis te maken met het beschikbare productengamma en de bijhorende diensten. Voor verdere informatie kan u contact opnemen met Sven Smets (sven.smets@ti.kviv.be)

## Programma

- 08.30u** Ontvangst en registratie  
Welkomstkoffie in de tentoonstellingsruimte
- 09.00u** Verwelkoming & inleiding  
Verwelkoming en inleiding door de wetenschappelijke coördinator
- 09.15u** Basisprincipes van draadloze verbindingen  
*Luc Martens, UGent*
- 10.15u** Standaarden bij draadloze communicatie  
*Henk Capoen, Howest*
- 11.00u** Koffiepauze / Tentoonstelling
- 11.30u** Wireless versus bedrijfszekerheid bij industriële toepassingen  
*Jurgen De Wever, Siemens*
- 12.30u** Lunch / Tentoonstelling
- 14.00u** Praktische toepassingen van draadloze WLAN technologie  
*Jan Van Herbruggen, Multicap*
- 14.45u** ZigBee case  
*N. Van Dierdonck, Ubiwave*
- 15.30u** Koffiepauze / Tentoonstelling
- 15.45u** Trends & toekomst van industriële draadloze communicatie  
*M. Engels, FMTC*
- 16.15u** Drink in de Tentoonstellingsruimte

## Algemene Inlichtingen

**Datum:** donderdag 13 oktober 2005  
De aanmelding is voorzien vanaf **08.30u**.  
Het programma start te **09.00u** stipt en duurt tot omstreeks **17.00u**.  
Tussendoor zijn er 2 koffiepauzes en een middaglunch voorzien.

**Plaats:** Serwir Hotel, Koningin Astridlaan 57,  
9100 Sint-Niklaas, tel : 03 778 05 11  
(aan rondpunt N70 Antwerpen-Gent) [www.serwir.be](http://www.serwir.be)

**Inschrijvingen:** Bij voorkeur vóór 5 oktober 2005 via [www.ti.kviv.be/draadloos](http://www.ti.kviv.be/draadloos) of aanmeldingsformulier achteraan.

### Bijdragen:

€ 320  
€ 240 voor leden TI - K VIV  
€ 185 voor leden leraars / ambtenaren / 65+  
€ 750 voor exposant (5m² standoppervlak, incl. 1 deelnemer aan het symposium)

*Telkens te verhogen met 21% BTW*

Deze bijdragen geven recht op deelname aan het volledige programma, inclusief deelnemerslijst, syllabus, koffie/thee en lunch.

Tentoonstellers ontvangen ten laatste één week voor de activiteit verdere praktische informatie via e-mail.

### Organisatie & Inlichtingen:

Sven Smets, projectcoördinator  
Tel. : 03 260 08 40  
E-mail : [sven.smets@ti.kviv.be](mailto:sven.smets@ti.kviv.be)